

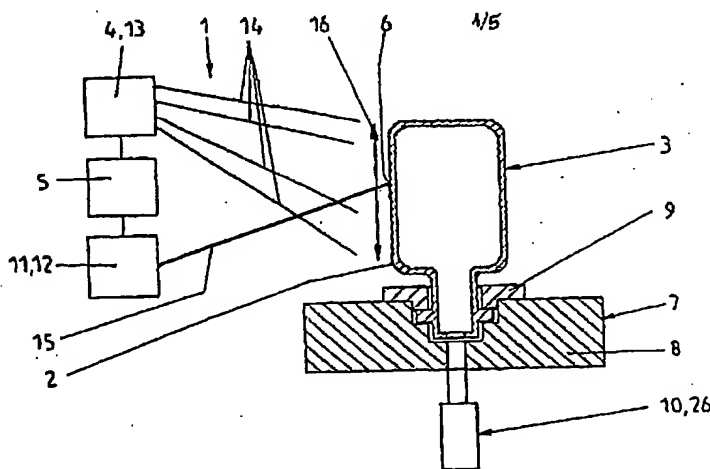
**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro
**INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)**

(51) Internationale Patentklassifikation 7 : <b>B21D 26/02, B29C 51/42, 51/46</b>		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/64608</b>
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:	2. November 2000 (02.11.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/EP00/035565</b>		(81) Bestimmungsstaaten: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).	
(22) Internationales Anmeldedatum: <b>19. April 2000 (19.04.00)</b>			
(30) Prioritätsdaten: 199 18 424.0      23. April 1999 (23.04.99)      DE 100 00 859.3      12. Januar 2000 (12.01.00)      DE			
(71)(72) Anmelder und Erfinder: <b>DÜSTERHÖFT, Carsten</b> [DE/DE]; Schwalbenweg 19, D-34225 Baunatal (DE).			
(74) Anwälte: <b>REHBERG, Elmar</b> usw.; Elmar + Hüppe, Am Kirschberge 22, D-37085 Göttingen (DE).			
		<b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.          Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen          Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen          eintreffen.</i>	

(54) Title: **AUTOMATED METHOD AND DEVICE FOR THE NON-CUTTING SHAPING OF A BODY**(54) Bezeichnung: **AUTOMATISIERTES VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SPANLOSEN UMFORMEN EINES KÖRPERS**

## (57) Abstract

The invention relates to an automated method for the non-cutting shaping of a thin side wall of a body and a device for carrying out said method, which comprises the following steps: setting of a setpoint geometry for the thin side wall (2) of the body (3) in an electronic data model; automated detection of the actual geometry of the thin side wall (2) of the body (3) and storage thereof in an electronic data model; determination of local deformation zones (6) in which the above deviation exceeds a defined limit; and defined automated increasing of the deformability of the thin side wall (2) of the body (3) in the local deformation zones (6) by the defined application of energy to said local deformation zones (6) in accordance with the position-dependent energy profile calculated. According to the invention the thin side wall (2) of the body (3) is shaped in the local deformation zones (6) as a result of the defined increase in deformability and the one-sided application of compressed air.



**(57) Zusammenfassung**

Automatisiertes Verfahren zum spanlosen Umformen einer dünnwandigen Seitenwandung eines Körpers und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, mit den Schritten: Vorgeben der Soll-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) in einem elektronischen Datenmodell; automatisiertes Erfassen der Ist-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) und Ablegen in einem elektronischen Datenmodell; Ermitteln von lokalen Umformungsbereichen (6), in denen die Soll-Ist-Abweichung einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt; und definiertes automatisiertes Erhöhen der Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) in den lokalen Umformungsbereichen (6) durch definierte Energiezufuhr in den lokalen Umformungsbereichen (6) gemäß dem berechneten ortsabhängigen Energieprofil, wobei die dünnwandige Seitenwandung (2) des Körpers (3) in den lokalen Umformungsbereichen (6) aufgrund ihrer definiert erhöhten Umformbarkeit und der einseitigen Beaufschlagung durch die Druckluft umgeformt wird.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäß dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BV	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

1

Automatisiertes Verfahren und Vorrichtung  
zum spanlosen Umformen eines Körpers

5

Die Erfindung betrifft ein automatisiertes Verfahren zum spanlosen Umformen einer dünnwandigen Seitenwandung eines Körpers und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

5 Ein Verfahren zum spanlosen Umformen einer dünnwandigen Seitenwandung eines Körpers ist aus der JP 08001760 A bekannt. Bei dem umzuformenden Körper handelt es sich um einen Hohlkörper, der bis auf eine endseitig angeordnete Öffnung geschlossen ausgebildet ist. Der Hohlkörper ist mit seinem die Öffnung aufnehmenden  
10 Ende in einer Befestigungseinrichtung befestigt. Der gesamte Hohlkörper wird soweit erhitzt, bis er eine hohe Umformbarkeit besitzt. In diesem Zustand des Hohlkörpers wird ein Fluid durch die Öffnung in den Hohlkörper eingeblasen. Das der Öffnung abgewandte Ende des Hohlkörpers wird mittels einer Zugstange und  
15 einer Druckstange so bewegt, bis der Hohlkörper die gewünschte Endform aufweist. Die Verteilung der Energie kann nur grob gesteuert werden, was zur Herstellung feiner und exakter Konturen nicht ausreicht. Die genaue Herstellung einer ortsabhängig definierten Wandstärke des erzeugten Körpers ist nicht möglich.

20

Ein weiteres Verfahren zum spanlosen Umformen einer dünnwandigen Seitenwandung eines Körpers ist als Blasformen ohne Gegenform bekannt. Der zu verformende Körper wird in einem Spannrahmen eingespannt und gleichmäßig erwärmt. Innerhalb des Spannrahmens  
25 wird ein Überdruck erzeugt, so daß der gesamte dünnwandige Körper nach außen gewölbt wird. Die dabei entstehende Kontur, z.B. eine Kuppel, hat immer die gleiche Form. Die Verteilung der Energie kann nur grob gesteuert werden, was zur Herstellung feiner und exakter Konturen nicht ausreicht. Die genaue Herstellung einer ortsabhängig definierten Wandstärke des erzeugten  
30 Körpers ist nicht möglich.

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

2

Ein weiteres Verfahren zum spanlosen Umformen einer dünnwandigen Seitenwandung eines Körpers ist als Glasblasen bekannt. Bei diesem manuellen Verfahren wird der Hohlkörper aus Glas mittels einer Flamme in größeren Bereichen seiner Oberfläche so stark erhitzt, bis die gewünschte Umformbarkeit erreicht ist. Daraufhin beaufschlagt der Glasbläser den Hohlkörper von innen mit Luftdruck, indem er in den Hohlkörper hineinbläst. Die erreichbare Genauigkeit der Umformung ist sehr stark vom Geschick des Glasblägers abhängig. Abweichungen zur Soll-Geometrie des Körpers werden nicht exakt gemessen, sondern nur grob abgeschätzt. Insbesondere die Anfertigung genauer 3D-Freiformflächen bereitet enorme Schwierigkeiten. Die meßbare Überprüfung des Ergebnisses ist nicht möglich. Infolgedessen können auch keine genauen Korrekturen durchgeführt werden. Ein weiterer Nachteil bei der Handarbeit ist dadurch gegeben, daß die genaue Herstellung einer ortsabhängig definierten Wandstärke des erzeugten Körpers nicht möglich ist. Die Materialstärke des geblasenen Hohlkörpers läßt sich in Abhängigkeit von der Oberflächenkoordinate nicht steuern, sondern muß so hingenommen werden, wie sie sich beim Umformprozeß ergibt. Bereiche, die bei der Umformung die größte Dehnung erfahren, werden nach Vollendung des Umformprozesses am dünnsten ausfallen. Deshalb muß ein Ausgangskörper zu Beginn der Umformung an jeder Stelle so viel Material aufweisen, daß der fertige Körper an seiner schwächsten Stelle immer noch haltbar genug ist, um den erforderlichen Belastungen standzuhalten. Dadurch ist an vielen Stellen des Körpers mehr Material als notwendig vorhanden. Hieraus resultiert eine relativ große Masse des Körpers. Noch weniger als die Genauigkeit der Form des Körpers ist bei der Handarbeit die Güte der erhaltenen Oberfläche erfaßbar. Welligkeit und andere Unebenheiten der Oberfläche, die aufgrund der manuellen Bearbeitung entstanden sind, lassen sich nicht wieder ausgleichen. Ferner ist bei der Handarbeit eine gezielt strukturierte Veränderung der Umformbarkeit des Materials des Körpers nicht erreichbar. Die Verteilung der Wärme kann nur grob gesteuert werden, was zu Fehlern bei der Umformung führt.

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

3

Desweiteren sind automatisierte Blasverfahren zum spanlosen Umformen einer dünnwandigen Seitenwandung eines Körpers bekannt. Die dazu verwendete Blasmaschine muß für die Erzeugung einer bestimmten Geometrie des Körpers speziell eingerichtet werden.

5 Die Verfahren sind lediglich für Glas und thermoplastische Kunststoffe geeignet. Die genaue Herstellung einer ortsabhängig definierten Wandstärke des erzeugten Körpers ist nicht möglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine

10 Vorrichtung zum spanlosen Umformen einer dünnwandigen Seitenwandung eines Körpers bereitzustellen, mit denen eine flexible, wirtschaftliche, automatisierte Herstellung von Körpern in Kleinserien möglich ist.

15 Erfindungsgemäß wird dies bei dem Verfahren durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und bei der Vorrichtung durch die Merkmale des Patentanspruchs 11 erreicht.

Bei dem automatisierten Verfahren zum spanlosen Umformen einer

20 dünnwandigen Seitenwandung eines Körpers wird zunächst die Soll-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers in einem elektronischen Datenmodell vorgegeben. Die Ist-Geometrie der umzuformenden dünnwandigen Seitenwandung des Körpers wird ebenfalls automatisiert erfaßt und in einem elektronischen Datenmodell abgelegt. Die Soll-Ist-Abweichung wird aus dem Vergleich

25 der erfaßten Ist-Geometrie mit der vorgegebenen Soll-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers berechnet, und lokale Umformungsbereiche, in denen die Soll-Ist-Abweichung einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt, werden ermittelt. Ein ortsabhängig einzubringendes Energieprofil wird in den lokalen Umformungsbereichen mit numerischen Methoden berechnet. Eine

30 Seite der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers wird mit definiertem Druck beaufschlagt. Die Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers wird in definierter, automatisierter

35 Weise in den lokalen Umformungsbereichen durch definierte Energiezufuhr in den lokalen Umformungsbereichen gemäß dem berechneten ortsabhängigen Energieprofil erhöht, wobei die

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

4

dünnwandige Seitenwandung des Körpers in den lokalen Umformungsbereichen aufgrund ihrer definiert erhöhten Umformbarkeit und der einseitigen Druckbeaufschlagung umgeformt wird.

- 5 Ausgangspunkt des automatisierten Verfahrens ist das Vorliegen eines elektronischen Datenmodells des Körpers. Beispielsweise kann es sich dabei um CAD- oder Bilddaten des fertigen Endprodukts handeln. Die gewünschte Soll-Geometrie des Körpers wird durch schrittweises Umformen des Ausgangskörpers erreicht, indem
- 10 die Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers in einem oder mehreren lokalen Umformungsbereichen definiert erhöht wird. Bei einem lokalen Umformungsbereich, in dem die Umformbarkeit erhöht wurde, handelt es sich um einen kleinen Teilbereich, in welchem das berechnete ortsabhängige Temperaturprofil einge-
- 15 bracht wurde. Auch können mehrere lokale Umformungsbereiche gemeinsam einen globalen Umformungsbereich bilden, der ein inhomogenes Temperaturprofil aufweist. Auch die lokalen Umformungsbereiche selbst können wiederum ein inhomogenes Temperaturprofil aufweisen. Bei der dünnwandigen Seitenwandung kann es
- 20 sich um eine Außenwandung oder auch eine innere Wandung des Körpers handeln. Aufgrund der Druckdifferenz zwischen der durch das Druckmedium beaufschlagten Seite der Seitenwandung des Körpers und der durch Umgebungsdruck beaufschlagten anderen Seite der Seitenwandung des Körpers wird die dünnwandige Seiten-
- 25 wandung des Körpers bei ausreichend großer Umformbarkeit bzw. elastisch-plastischer Verformbarkeit umgeformt. Es werden lokale Umformungsbereiche berechnet, in denen die Soll-Ist-Abweichung einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt. Innerhalb dieser Umformungsbereiche wird das aufzubringende Energieprofil sowie
- 30 die benötigte Druckdifferenz berechnet. Diese Zustandsparameter können durch Lösung der entsprechenden kontinuumsmechanischen Differentialgleichungen mittels numerischer Methoden bestimmt werden. Andere Berechnungsverfahren, wie Fuzzy-logic, neuronale Netze u. dgl., sind ebenfalls anwendbar und dem Fachmann
- 35 hinreichend bekannt.

Das neue Verfahren kann in dem Sinne einstufig sein, daß jeder

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

5

Bereich der Seitenwandung des Körpers nur einmal umgeformt wird. Zur Einhaltung enger Toleranzen zwischen der durch die Umformung erreichten Ist-Geometrie und der vorgegebenen Soll-Geometrie ist aber ein mehrstufiges, d.h. iteratives, Verfahren bevorzugt, bei dem zumindest das automatisierte Erfassen der Ist-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers nach dem ersten Umformschritt wiederholt wird. Wenn eine anschließende Berechnung einer noch vorhandenen Soll-Ist-Abweichung aus dem Vergleich der jetzt erfaßten Ist-Geometrie mit der vorgegebenen Soll-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers die Einhaltung des vorgegebenen Grenzwerts belegt, kann das Verfahren beendet werden. Wenn der Grenzwert aber zumindest vereinzelt noch überschritten wird, sind erneut die lokalen Umformungsbereiche, in denen die Soll-Ist-Abweichung einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt, zu ermitteln, und einem weiteren Umformschritt zu unterwerfen.

Wenn ein Körper umgeformt wird, liegt ein Rand vor, der Bereiche, die schon die gewünschte Geometrie haben, von Bereichen trennt, die noch umzuformen sind. Nun können in dem jeweiligen umzuformenden Bereich sowohl nur Teilbereiche bearbeitet, oder aber auch dem gesamten umzuformenden Bereich Energie zugeführt werden. Das jeweils einzubringende Temperaturprofil kann dabei in dem Bereich konstant sein, wenn dieser sehr klein ist. In der Regel handelt es sich jedoch um ein inhomogenes Temperaturprofil in dem jeweiligen umzuformenden Bereich. Man kann sich dies anhand des Beispiels eines zu fertigenden Puppenkopfes vorstellen, der aus einem eiförmigen Rohling gefertigt wird. Angenommen, der Rohling hat im Bereich des Hinterkopfes bereits die gewünschte Geometrie, das Gesicht muß aber noch bearbeitet werden. Der Randverlauf ist in diesem Fall klar. Es kann jedoch sein, daß z.B. die Wangen auch schon die gewünschte Geometrie besitzen, Augen, Mund, Nase und das Kinn aber noch umgeformt werden müssen. Dann bildet das Gesicht den globalen Umformungsbereich, und die genannten Partien Augen, Mund, Nase, Kinn sind die lokalen Umformungsbereiche. Um die Nase auszuprägen, benötigt man auch in diesem lokalen Umfor-

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

6

mungsbereich ein inhomogenes Temperaturprofil. Entspricht die Ist-Geometrie insgesamt noch nicht der Soll-Geometrie, so muß das Gesicht des Puppenkopfes als Ganzes noch bearbeitet werden, wobei ein inhomogenes Temperaturprofil vorliegt.

5

Der Körper kann ohne Verwendung einer Form umgeformt werden. Dies bietet sich insbesondere bei Kleinstserien bzw. Einzelerzeugnissen an. Der Verzicht auf eine Form hat den großen Vorteil, daß die Rüstzeiten minimiert werden und keine zusätzlichen Kosten für den Formenbau anfallen.

10

Die Seite der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers kann mit Druckluft definierten Drucks oder mit einem Hydraulikmedium, vorzugsweise Hydrauliköl, beaufschlagt werden. Die hydraulische Druckbeaufschlagung hat den Vorteil, daß eine Erwärmung des Körpers durch das Hydraulikmedium auf eine Grundtemperatur durchgeführt werden kann und der Umformungsbereich des Körpers schneller abkühlt. Der durch die auf die dünnwandige Seitenwandung des Körpers aufgebrachte Druck kann dabei konstant sein.

15

20

Dies hat den Vorteil, daß als Parameter lediglich die Auswahl des Umformungsbereichs und der Einwirkungsdauer bzw. Intensität der Energiezufuhr verbleiben, während der Druck unverändert bleibt. Beispielsweise bietet es sich an, bei gleichen Materialien einen gleich hohen Druck zu verwenden. Auch ist es möglich, bei unterschiedlichen Materialien des Körpers je nach Umformbarkeit des jeweiligen Materials unterschiedliche Drücke zu verwenden. Für die Bearbeitung von Metallen bietet sich ein höherer Druck an, als dies bei Kunststoffen der Fall ist. Ebenso ist es durchführbar, den Druck als weiteren Parameter während des Umformverfahrens zu variieren.

25

30

Die Ist-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers kann kontinuierlich erfaßt und in Abhängigkeit davon die Energiezufuhr geregelt werden. Es wird in Intervallen ein aufzubringendes Energieprofil bestimmt, das in definierter Weise die Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers in dem lokalen Umformungsbereich erhöht. Hierdurch ist es möglich, eine

35



WO 00/64608

PCT/EP00/03565

7

hohe Genauigkeit bei der Umformung der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers zu erreichen. So kann zunächst in dem zu bearbeitenden lokalen Umformungsbereich eine geringere Energiemenge als berechnet aufgebracht und die sich daraus ergebende Verformung aufgenommen und vermessen werden. In Abhängigkeit von der nunmehr bestimmten Ist-Geometrie wird die erforderliche Erhöhung der Umformbarkeit des Körpers bestimmt. Dieser Prozeß wird solange wiederholt, bis die Soll-Ist-Abweichung den vorgegebenen Grenzwert nicht mehr übersteigt. Es ist aber auch möglich, die Umformung des Körpers in einem Schritt vorzunehmen, wenn die dafür erforderlichen Parameter hinreichend bekannt sind. Insbesondere bei Körpern, die keine extrem hohe Bearbeitungsgenauigkeit erfordern, bietet es sich an, nur einen oder wenige Umformschritte in einem lokalen Umformungsbereich vorzunehmen.

Das ortsabhängig einzubringende Energieprofil kann für jeden Umformschritt in den lokalen Umformungsbereichen jeweils neu berechnet und entsprechend auf den Körper eingebracht werden. Damit ergibt sich eine besonders genaue Erreichung der gewünschten Umformung des Körpers.

Die Wandstärke der Seitenwandung des Körpers kann durch gezielte Auswahl des lokalen Umformungsbereichs variiert werden. Dies bedeutet u. a., daß die Wandstärke des Körpers nicht notwendigerweise über die gesamte Oberfläche des Körpers konstant ist. So kann ein und dieselbe äußere Geometrie des Körpers durch Verwendung unterschiedlicher lokaler Umformungsbereiche erzielt werden, wobei die Wandstärke der Seitenwandung des einen Körpers dann anders ausgebildet ist als die Wandstärke des anderen Körpers. Eine Variierung der Wandstärke der Seitenwandung des Körpers ist insbesondere dann sinnvoll, wenn zur strukturellen Verstärkung des Körpers bzw. des Bauteils in bestimmten Bereichen eine erhöhte Wandstärke erforderlich ist. Hierfür muß dann jedoch nicht der gesamte Körper diese Wandstärke aufweisen. Hieraus resultiert eine vorteilhafte Reduzierung der Masse bzw. des Gewichts des Körpers.

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

8

Die Energie kann gemäß dem berechneten ortsabhängigen Energieprofil definiert durch einen Laserstrahl zugeführt werden. Ein Laserstrahl ist besonders gut steuerbar, so daß die Oberfläche der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers in den gewünschten Umformungsbereich abgescannt wird. Der Laserstrahl besitzt hierfür die gewünschte Genauigkeit und eine exakte Dosierungsmöglichkeit der Intensität der Energiezufuhr. Aufgrund des sehr lokalen Energieeintrags können mit dem Laserstrahl sehr schmale Energieprofile und somit sehr feine Konturen erzeugt werden. Grundsätzlich ist es jedoch auch möglich, für die Energiezufuhr eine andere Energiequelle zu verwenden. Beispielsweise kann ein Heizstrahler angewendet werden.

Die Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers kann durch Variierung der Einwirkdauer, Intensität, Pulsweite oder Fokusgröße des Laserstrahls variiert werden. Wichtig ist letztlich, daß die Umformbarkeit in definierter Art und Weise beeinflußt wird, so daß sich eine möglichst genaue voraussagbare Umformung in dem Umformungsbereich des Körpers ergibt.

Die lokalen Umformungsbereiche können nach Erreichen der gewünschten Umformung der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers abgekühlt werden. Die notwendige Bearbeitungszeit für die Umformung des Körpers reduziert sich.

Das neue Verfahren kann auch als FDS-Verfahren (Flexible Direct Shaping) bezeichnet werden. Das Verfahren bietet eine Vielzahl von Vorteilen: alle Körper können mit großer Formgenauigkeit, definierter Wandstärke und hoher Qualität gefertigt werden. Diese Größen sind mit hoher Genauigkeit meß- und steuerbar. Der Fertigungsprozeß wird stark beschleunigt, da funktionsfähige Produkte umgehend verfügbar sind. Jeder Körper kann sofort und ohne größere Vorbereitungen produziert werden, wenn ein elektronisches Datenmodell vorhanden ist. Es wird eine enorme Kostenersparnis erzielt, vor allem bei der Fertigung von individuellen Produkten, Einzelanfertigungen sowie bei Klein- und Mittelserien, da keine aufwendigen Formen angefertigt werden müssen.

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

9

Eine enorme Zeitersparnis wird erzielt, denn je komplizierter der herzustellende Körper ist, beispielsweise eine Prothese, desto schneller ist das Verfahren im Vergleich zu bekannten Fertigungsverfahren. Die Fertigungszeiten sind nahezu unabhängig von der Größe des Körpers. Die Bearbeitungszeit eines Körpers bzw. Werkstücks hängt hauptsächlich davon ab, wie ähnlich die Ausgangsform des Rohlings dem zu erzeugenden Körpers bereits ist. Das FDS-Verfahren ist grundsätzlich für alle umformbaren Materialien geeignet. Auch können Körper, die aus verschiedenen, umformbaren Materialien zusammengesetzt sind, bearbeitet werden. Es können beliebige Ausgangsformen verarbeitet werden, wobei vorgefertigte Formflächen und andere Werkstücke (Rippen usw.) unverändert erhalten bleiben können. Nur solche Bereiche, in denen Soll-Geometrie und Ist-Geometrie noch nicht übereinstimmen, müssen umgeformt werden. Die Integration von anderen Standardbauteilen ist ebenfalls möglich. Besonders komplizierte, verwinkelte Formteile, z. B. Hinterschneidungen, können aus einem Stück gefertigt werden. Meist sind keine folgenden Bearbeitungsschritte (Fügen von Halbschalen etc.) erforderlich. Bereits gefertigte Körper können schnell abgeändert werden. Ein vorhandener und bereits verwendeter Körper kann ebenso umgeformt werden, wie ein beliebiger Rohling. Alte Körper können wiederverwendet, Standardrohlinge können schnell an individuelle Wünsche angepaßt und verändert werden. Aufgrund der Tatsache, daß das Verfahren berührungslos arbeitet, entsteht kein Verschleiß von Werkzeugen. Der Einsatz von Schmierstoffen o. dgl. ist nicht erforderlich. Die Vorteile des FDS-Verfahrens liegen vor allem im Bereich der Klein- und Mittelserienfertigung sowie der Herstellung individueller Erzeugnisse. Mit dem Verfahren wird die Herstellung von individuellen Produkten nicht wesentlich aufwendiger als die von vergleichbaren Standardprodukten. Anstatt auf verschiedene Formwerkzeuge zurückzugreifen, reicht das Vorhandensein eines Datenmodells aus, um daraus mit dem FDS-Verfahren direkt ein Erzeugnis herzustellen. Die reine Fertigungszeit für ein individuelles Erzeugnis, je nach Umfang der durchzuführenden Umformarbeiten, dauert nur einige Sekunden bis wenige Minuten. Dadurch werden die Fertigungskosten reduziert

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

10

und mit denen bekannter Verfahren vergleichbar.

Die Vorrichtung zum spanlosen Umformen einer dünnwandigen Seitenwandung eines Körpers weist eine Geometrieerfassungseinheit zum automatisierten Erfassen der Ist-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers auf. Ein elektronischer Rechner zum Vorgeben der Soll-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers in einem elektronischen Datenmodell, zum Berechnen der Soll-Ist-Abweichung aus dem Vergleich der erfaßten Ist-Geometrie mit der vorgegebenen Soll-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers, zum Ermitteln von lokalen Umformungsbereichen, in denen die Soll-Ist-Abweichung einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt, und zum Berechnen eines ortsabhängig einzubringenden Energieprofils in den lokalen Umformungsbereichen, ist vorhanden. Eine regelbare Druckvorrichtung dient zum Beaufschlagen einer Seite der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers mit definiertem Druck. Eine Vorrichtung dient zum definierten automatisierten Erhöhen der Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers in den lokalen Umformungsbereichen durch definierte Energiezufuhr in den lokalen Umformungsbereichen in Abhängigkeit von der berechneten Soll-Ist-Abweichung, wobei die dünnwandige Seitenwandung des Körpers in den lokalen Umformungsbereichen aufgrund ihrer definiert erhöhten Umformbarkeit und der einseitigen Beaufschlagung durch den Druck umgeformt wird. Die Geometrieerfassungseinheit zum automatisierten Erfassen der Ist-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers in einem elektronischen Datenmodell dient dazu, die vorhandene Geometrie des Körpers bzw. Werkstücks festzustellen, um die durchzuführenden Prozeßschritte zu bestimmen. Dabei sind insbesondere die Genauigkeit der Konturdaten, die Geschwindigkeit der Datenerfassung und die Vollständigkeit der erfaßten Daten von Bedeutung.

Die Druckvorrichtung kann eine Druckluftvorrichtung sein. Es kann aber auch eine mit einem Hydraulikmedium arbeitende Druckvorrichtung Verwendung finden.

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

11

Die Ist-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers kann mit einem 3D-Objektvermessungssystem erfaßt werden. Das 3D-Objektvermessungssystem beinhaltet eine Digitalkamera sowie entsprechende Steuerungsvorrichtungen und die zugehörige Software. Alternativ zu der Objektvermessung mit einer Digitalkamera ist es auch möglich, Ultraschall, Radar, Lidar und sonstige Abstandssensoren zu verwenden.

Es kann eine Kühlvorrichtung zum Abkühlen der lokalen Umformungsbereiche nach Erreichen der gewünschten Umformung der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers vorgesehen sein. Durch die schnellere Abkühlung des Körpers in dem zuvor erwärmten Umformungsbereich kann die notwendige Bearbeitungszeit für die Umformung des Körpers weiter reduziert werden.

Für die Energiezufuhr in einem bestimmten lokalen Umformungsbereich des Körpers kann der Körper und/oder die Vorrichtung zum definierten automatisierten Erhöhen der Umformbarkeit bewegt werden. Es ist sicherzustellen, daß jede zu manipulierende Stelle der dünnwandigen Seitenwandung des Körpers für die Energiezufuhr zugänglich ist.

Zur Veränderung der Umformbarkeit wird dem umzuformenden Körper in dem aktuellen lokalen Umformungsbereich Energie zugeführt, so daß er, je nach Material des Körpers, eine Temperatur erreicht, bei der eine Umformung aufgrund des durch die Druckluft aufgebrachten Drucks stattfindet. Die Energie kann auf verschiedene Arten zugeführt werden. Beispielsweise kann die Vorrichtung zum definierten Erhöhen der Umformbarkeit ein Laser sein. Der Laserstrahl des Lasers wird dann so gesteuert, daß das ortsabhängige Energieprofil in den umzuformenden lokalen Umformungsbereich des Körpers eingebracht wird, beispielsweise durch abscannen mit dem Laserstrahl oder mittels eines steuerbaren Mikrospiegelsystems. Alternativ kann auch ein lokalisierter Heißluftstrahl verwendet werden. Der gesamte Umformungsprozeß kann durch eine computergestützte Simulation simuliert werden. Aufgrund der Simulation lassen sich die einzustellenden Parameter, beispielsweise Tem-

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

12

- peratur, Intensität der Energiequelle und Druck der Druckluft, bestimmen. Hierzu können FEM-Simulationsprogramme verwendet werden, die es erlauben, die Ausdehnung des Körpers mit hinreichend großer Genauigkeit zu berechnen. Auch andere Methoden, wie
- 5 z. B. Fuzzy-logic, neuronale Netze usw., sind einsetzbar. Alle erforderlichen Materialparameter, wie z. B. E-Modul, Temperatur usw., können über die Oberfläche des Körpers beliebig variiert werden.
- 10 Mittels einer IR-Kamera oder einem anderen Thermographieverfahren kann das vorhandene Temperaturprofil des Materials im Umformungsbereich des Körpers erfaßt und in Abhängigkeit davon das erforderliche aufzubringende Energieprofil bestimmt werden.
- 15 Zur Steuerung der Relativbewegung zwischen Werkstück und Werkzeug sind Roboter und Bewegungseinheiten geeignet. Wenn es sich bei dem Körper um einen relativ flachen Formkörper mit einer nur mäßigen zu erzielenden Genauigkeit handelt, kann es genügen, eine zweiachsige Vorrichtung zur Bewegung der Energiezufuhr
- 20 einzusetzen. Bei länglichen Hohlkörpern weist die FDS-Anlage ebenfalls zwei Achsen zur Positionierung der Energiezufuhr und zusätzlich eine Drehachse für die Rotation des Körpers auf. Beispielsweise kann bei Verwendung eines Lasers für die Energiezufuhr der Laserstrahl mittels eines schnell drehenden Spiegels
- 25 auf die gewünschte Stelle der zu bearbeitenden Oberfläche des Körpers gelenkt werden. Wichtig ist letztendlich, daß das berechnete Energieprofil mit der erforderlichen Genauigkeit aufgebracht wird.
- 30 Neben der reinen Umformung ist zusätzlich die Integration verschiedener, bereits bekannter Verfahren möglich. Beispiele hierfür sind das Ausschneiden von bestimmten Bereichen nach Beendigung der Umformung, das Verschweißen des umgeformten Körpers mit anderen Formteilen, das Tempern des Materials zum
- 35 Ausheilen der Oberfläche des Körpers, das Schmelzen des Materials, um durch den erzeugten Materialfluß die Wandstärke der Seitenwandung zusätzlich zu verändern (Schmelzfließen) und das

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

13

Sintern zur gezielten Aufbringung von Material in bestimmten Bereichen des Körpers.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen weiter erläutert und beschrieben.

- 5
- Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform einer automatisierten Vorrichtung zum Umformen eines Körpers vor Beginn des Umformungsprozesses.
- 10
- Fig. 2 zeigt die Vorrichtung gemäß Fig. 1 nach erfolgter Umformung eines Umformungsbereichs des Körpers.
- Fig. 3 zeigt die Vorrichtung gemäß Fig. 1 bei Verwendung einer Teilform.
- 15
- Fig. 4 zeigt die Vorrichtung gemäß Fig. 1 mit einem ein vorgeformtes Formteil aufweisenden Körper.
- 20
- Fig. 5 zeigt die Vorrichtung gemäß Fig. 4 mit dem umgeformten Körper.
- Fig. 6 zeigt eine zweite Ausführungsform der Vorrichtung mit einem plattenförmigen Körper vor dessen Umformung.
- 25
- Fig. 7 zeigt die Vorrichtung gemäß Fig. 6 mit dem umgeformten plattenförmigen Körper..
- Fig. 8 zeigt die Umformung einer dünnwandigen Seitenwandung des Körpers mit definierter Wandstärke.
- 30
- Fig. 9 zeigt eine dritte Ausführungsform der Vorrichtung mit einem Körper mit einer Doppelkammer vor dessen Umformung.
- 35
- Fig. 10 zeigt die Vorrichtung gemäß Fig. 9 mit dem umgeformten Körper.

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

14

Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform einer Vorrichtung 1 zum automatisierten spanlosen Umformen einer dünnwandigen Seitenwandung 2 eines Körpers 3. Der Körper 3 besteht aus Kunststoff. Der Körper 3 könnte jedoch auch aus Metall, Glas, einem Verbundstoff oder einem sonstigen umformbaren Material bestehen. Die Vorrichtung 1 weist eine Geometrieerfassungseinheit 4 zum automatisierten Erfassen der Ist-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung 2 des Körpers 3 in einem elektronischen Datenmodell auf. Ein elektronischer Rechner 5 dient zum Vorgeben der Soll-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung 2 des Körpers 3 in einem elektronischen Datenmodell, zum Berechnen der Soll-Ist-Abweichung aus dem Vergleich der erfaßten Ist-Geometrie und der vorgegebenen Soll-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung 2 des Körpers 3, zum Ermitteln von lokalen Umformungsbereichen 6 (Fig. 2), in denen die Soll-Ist-Abweichung einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt und zum Berechnen eines ortsabhängig einzubringenden Energieprofils in den lokalen Umformungsbereichen 6. Weiterhin weist die Vorrichtung 1 eine Einspannvorrichtung 7 zum Einspannen des Körpers 3 auf. Die Einspannvorrichtung 7 weist eine Basisplatte 8 und einen Verschuß 9 auf. Über die Einspannvorrichtung 7 ist der Innenraum des Körpers 3, hier in Form eines Hohlkörpers ausgebildet, mit einer regelbaren Druckvorrichtung 26 in Form einer Druckluftvorrichtung 10 verbunden. Die regelbare Druckluftvorrichtung 10 dient zum Beaufschlagen des Innenraums des Körpers 3 und der umzuformenden Seitenwandung 2 mit Druckluft definierten Drucks. Es könnte jedoch auch stattdessen eine mit einem Hydraulikmedium arbeitende Druckvorrichtung 26 Verwendung finden. Schließlich weist die Vorrichtung 1 eine Vorrichtung 11 zum definierten automatisierten Erhöhen der Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung 2 des Körpers 3 in dem lokalen Umformungsbereich 6 durch definierte Energiezufuhr in dem lokalen Umformungsbereich 6 gemäß dem berechneten ortsabhängigen Energieprofil auf. Die Vorrichtung 11 ist als Laser 12 ausgebildet.

35

Fig. 1 zeigt die Vorrichtung 1 zu Beginn des Umformprozesses des Körpers 3. Zunächst wird die Soll-Geometrie des Körpers 3 in



WO 00/64608

PCT/EP00/03565

15

einem elektronischen Datenmodell vorgegeben. Die Soll-Geometrie kann aus vorhandenen CAD-Daten des Körpers 3 generiert oder auch beispielsweise durch Vermessen eines Modells des fertigen Körpers 3 ermittelt werden. Die Soll-Geometrie wird in dem elektronischen Rechner 5 abgespeichert. Daraufhin wird der Rohling bzw. der zu bearbeitende Körper 3 in die Einspannvorrichtung 7 eingespannt und dessen Ist-Geometrie mittels der Geometrieerfassungseinheit 4 vermessen. Bei der Geometrieerfassungseinheit 4 handelt es sich um ein 3D-Objektvermessungssystem 13, das die Geometriedaten des Körpers 3 aufnimmt, wie dies symbolhaft mittels der Strahlen 14 dargestellt ist. Das Objektvermessungssystem 13 ist zur Übermittlung der ermittelten Ist-Daten des Körpers 3 mit dem elektronischen Rechner 5 verbunden. Mittels des Rechners 5 werden die Daten der ermittelten Ist-Geometrie mit den Daten der vorgegebenen Soll-Geometrie des fertigen Körpers 3 verglichen, und die Soll-Ist-Abweichung wird berechnet. Anhand dieser Soll-Ist-Abweichungen werden die lokalen Umformungsbereiche 6 ermittelt, in denen die Soll-Ist-Abweichung einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt. Wenn die ermittelte Soll-Ist-Abweichung diesen Grenzwert nicht übersteigt, ist keine Umformung der dünnwandigen Seitenwandung 2 des Körpers 3 notwendig. Der elektronische Rechner 5 berechnet ein ortsabhängig einzubringendes Energieprofil in den lokalen Umformungsbereichen 6 mit numerischen Methoden. Gemäß dem berechneten ortsabhängigen Energieprofil wird die Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung 2 des Körpers 3 in den lokalen Umformungsbereichen 6 durch definierte Energiezufuhr in den lokalen Umformungsbereichen 6 definiert erhöht. Für die Umformung des lokalen Umformungsbereiches 6 wird mittels des Lasers 12 ein Laserstrahl 15 gemäß Pfeil 16 so entlang der zu bearbeitenden Oberfläche des Körpers 3 bewegt, daß die für die Erhöhung der Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung 2 des Körpers 3 notwendige Energie dem entsprechenden Umformungsbereich 6 zugeführt wird. Die Energiemenge bzw. der Grad der Umformbarkeit des Körpers 3 wird dabei durch Variierung der Einwirkdauer, Intensität, Pulsweite oder Fokusgröße des Laserstrahls 15 variiert. Aufgrund der druckmäßigen Beaufschlagung

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

16

der umzuformenden Seitenwandung 2 des Körpers 3 mittels der Druckluftvorrichtung 10 ergibt sich dann die gewünschte Umformung des Körpers 3 ausschließlich in dem aktuellen lokalen Umformungsbereich 6 in Richtung des niedrigeren Drucks.

5

Das Ergebnis der Umformung in dem lokalen Umformungsbereich 6 ist in Fig. 2 dargestellt. Es ist erkennbar, daß eine Umformung der dünnwandigen Seitenwandung 2 des Körpers 3 nur in dem Umformungsbereich 6 des Körpers 3 stattgefunden hat, in dem  
10 mittels des Lasers 12 eine entsprechende Energiemenge zur Erhöhung der Umformbarkeit des Körpers 3 zugeführt wurde. Die anderen Bereiche des Körpers 3 blieben unverändert, können jedoch in weiteren Bearbeitungsschritten umgeformt werden.

15

In Fig. 3 ist die zusätzliche Hinzunahme einer Teilform 17 dargestellt. Nachdem die Erhöhung der Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung 2 des Körpers 3 mittels des Laserstrahls 12 erfolgt ist, wird die Teilform 17 mit dem Umformungsbereich 6 des Körpers 3 in Kontakt gebracht. Dann wird der durch die  
20 Druckluftvorrichtung 10 bereitgestellte, nach außen gerichtete Druck so auf die Innenwandung 2 des Körpers 3 zu Einwirkung gebracht, daß der Fortsatz 18 der Teilform 17 die gewünschte Geometrie in diesem Bereich des Körpers 3 erzeugt.

25

Fig. 4 zeigt eine etwas andere Ausführungsform der Vorrichtung 1. Der Körper 3 weist ein vorgeformtes Formteil 19 auf, das bereits Bestandteil des Ausgangsrohlings ist.

30

Fig. 5 zeigt den Körper 3 gemäß Fig. 4 nach der Umformung in dem Umformungsbereich 6.

35

Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform der Vorrichtung 1. Der Körper 3 ist hier nicht als Hohlkörper, sondern in ebener Plattenform ausgebildet. Zur Aufbringung des notwendigen Drucks ist der plattenförmige Körper 3 in eine Einspannvorrichtung 20 mit einer Druckkammer 21 eingespannt. Die Einspannvorrichtung 20 weist dabei einen Grundkörper 22 und einen Verschuß 23 auf.

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

17

Auch bei dieser Ausführungsform findet eine Relativbewegung zwischen dem Laserstrahl 15 und dem Grundkörper 3 gemäß Pfeilen 24 statt, so daß der Laserstrahl 15 grundsätzlich nahezu alle Bereiche des Körpers 3 erreichen kann.

5

Fig. 7 zeigt den Körper 3 gemäß Fig. 6, nachdem die Umformung in dem Umformungsbereich 6 stattgefunden hat.

10

Fig. 8 zeigt zwei identisch ausgebildete Körper 3 vor der Umformung und zwei mögliche unterschiedliche fertige Körper 3. Hierbei wird deutlich, daß durch entsprechende Auswahl der Umformungsbereiche 6 ein und dieselbe äußere Geometrie der Körper 3 bei unterschiedlicher Wandstärke erzielt werden kann. Der Pfeil 25 verdeutlicht dabei, in welche Richtung das Material des Körpers 3 geflossen ist.

15

20

Die Fig. 9 und 10 zeigen eine dritte Ausführungsform der Vorrichtung 1 mit einem Körper 3 mit einer Doppelkammer. Die Vorrichtung 1 weist zwei separate Einspannvorrichtungen 7 und separate Druckluftvorrichtungen 10 auf, die jeweils mit der Kammern des Körpers 3 verbunden sind. Die beiden Kammern des Körpers sind durch die dünnwandige Wandung 2 des Körpers in Form einer Innenwandung getrennt. Der Druck innerhalb der beiden Kammern des Körpers 3 ist jeweils größer als der Umgebungsdruck. Aufgrund der Druckverhältnisse ergibt sich nach der Einbringung von Energie eine Streckung der dünnwandigen Innenwandung 2 des Körpers 3.

25

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

18

BEZUGSZEICHENLISTE

- |                                |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1 - Vorrichtung                | 11 - Vorrichtung             |
| 2 - Seitenwandung              | 12 - Laser                   |
| 3 - Körper                     | 13 - Objektvermessungssystem |
| 4 - Geometrieerfassungseinheit | 14 - Strahl                  |
| 5 - Rechner                    | 15 - Laserstrahl             |
| 6 - Umformungsbereich          | 16 - Pfeil                   |
| 7 - Einspannvorrichtung        | 17 - Teilform                |
| 8 - Basisplatte                | 18 - Fortsatz                |
| 9 - Verschluß                  | 19 - Formteil                |
| 10 - Druckluftvorrichtung      | 20 - Einspannvorrichtung     |
| 21 - Druckkammer               | 26 - Druckvorrichtung        |
| 22 - Grundkörper               |                              |
| 23 - Verschluß                 |                              |
| 24 - Pfeil                     |                              |
| 25 - Pfeil                     |                              |

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

19

PATENTANSPRÜCHE

1. Automatisiertes Verfahren zum spanlosen Umformen einer dünnwandigen Seitenwandung eines Körpers, mit den Schritten:

Vorgeben der Soll-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) in einem elektronischen Datenmodell;

5 automatisiertes Erfassen der Ist-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) und Ablegen in einem elektronischen Datenmodell;

10 Berechnen der Soll-Ist-Abweichung aus dem Vergleich der erfaßten Ist-Geometrie mit der vorgegebenen Soll-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3);

Ermitteln von lokalen Umformungsbereichen (6), in denen die Soll-Ist-Abweichung einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt;

Berechnen eines ortsabhängig einzubringenden Energieprofils in den lokalen Umformungsbereichen (6) mit numerischen Methoden;

15 Beaufschlagen einer Seite der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) mit definiertem Druck; und

definiertes automatisiertes Erhöhen der Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) in den lokalen Umformungsbereichen (6) durch definierte Energiezufuhr in den lokalen Umformungsbereichen (6) gemäß dem berechneten ortsabhängigen Energieprofil, wobei die dünnwandige Seitenwandung (2) des Körpers (3) in den lokalen Umformungsbereichen (6) aufgrund ihrer definiert erhöhten Umformbarkeit und der einseitigen Druckbeaufschlagung umgeformt wird.

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper (3) ohne Verwendung einer Form umgeformt wird.

30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Seite der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) mit Druckluft oder Hydraulikmedium definierten Drucks beaufschlagt wird.

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

20

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ist-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) kontinuierlich erfaßt und in Abhängigkeit davon die Energiezufuhr geregelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das ortsabhängig einzubringende Energieprofil für jeden Umformschritt in den lokalen Umformungsbereichen (6) jeweils neu berechnet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandstärke der Seitenwandung (2) des Körpers (3) durch gezielte Auswahl des jeweiligen lokalen Umformungsbereichs (6) variiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Energie in den lokalen Umformungsbereichen (6) gemäß dem berechneten ortsabhängigen Energieprofil definiert durch einen Laserstrahl (15) zugeführt wird, wobei die Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) durch Variierung der Einwirkdauer, Intensität, Pulsweite oder Fokusgröße des Laserstrahls (15) variiert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die lokalen Umformungsbereiche (6) nach Erreichen der gewünschten Umformung der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) abgekühlt werden.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, mit:

einer Geometrieerfassungseinheit (4) zum automatisierten Erfassen der Ist-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) in einem elektronischen Datenmodell;

einem elektronischen Rechner (5) zum Vorgeben der Soll-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) in einem elektronischen Datenmodell, zum Berechnen der Soll-Ist-

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

21

Abweichung aus dem Vergleich der erfaßten Ist-Geometrie mit der vorgegebenen Soll-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3), zum Ermitteln von lokalen Umformungsbereichen (6) in denen die Soll-Ist-Abweichung einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt und zum Berechnen eines ortsabhängig einzubringenden Energieprofils in den lokalen Umformungsbereichen (6);

einer regelbaren Druckvorrichtung (26) zum Beaufschlagen einer Seite der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) mit definiertem Druck; und

einer Vorrichtung (11) zum definierten automatisierten Erhöhen der Umformbarkeit der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) in den lokalen Umformungsbereichen (6) durch definierte Energiezufuhr in den lokalen Umformungsbereichen (6) gemäß dem berechneten ortsabhängigen Energieprofil, wobei die dünnwandige Seitenwandung (2) des Körpers (3) in den lokalen Umformungsbereichen (6) aufgrund ihrer definiert erhöhten Umformbarkeit und der einseitigen Druckbeaufschlagung umgeformt wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckvorrichtung (26) eine Druckluftvorrichtung (10) und die Vorrichtung (11) zum definierten Erhöhen der Umformbarkeit ein Laser (12) ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß zum Erfassen der Ist-Geometrie der dünnwandigen Seitenwandung (2) des Körpers (3) ein 3D-Objektvermessungssystem (13) vorgesehen ist.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internatl Application No

PCT/EP 00/03565

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B21D26/02 B29C51/42 B29C51/46

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B21D B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 703 019 A (ELECTROLUX AB) 27 March 1996 (1996-03-27) the whole document	1,9
A	EP 0 374 735 A (ROCKWELL INTERNATIONAL CORP) 27 June 1990 (1990-06-27) abstract	1,9
A	US 4 598 420 A (HARVEY) 1 July 1986 (1986-07-01) abstract	1,9
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 September 2000

Date of mailing of the international search report

09/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Garella, M



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat.	Application No
PCT/EP 00/03565	

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN  vol. 1996, no. 05,  31 May 1996 (1996-05-31)  -&amp; JP 08 001760 A (AKIRA KISHIMOTO),  9 January 1996 (1996-01-09)  cited in the application  abstract</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1,9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internat'l Application No

PCT/EP 00/03565

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0703019 A	27-03-1996	SE 503417 C	10-06-1996
		DE 69513476 D	30-12-1999
		DE 69513476 T	15-06-2000
		FI 954446 A	22-03-1996
		JP 8168831 A	02-07-1996
		SE 9403164 A	22-03-1996
		US 5592842 A	14-01-1997
EP 0374735 A	27-06-1990	US 5007265 A	16-04-1991
		DE 68918566 D	03-11-1994
		JP 2219627 A	03-09-1990
US 4598420 A	01-07-1986	NONE	
JP 08001760 A	09-01-1996	JP 2876992 B	31-03-1999

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internatic → Aktenzeichen

PCT/EP 00/03565

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B21D26/02 B29C51/42 B29C51/46

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B21D B29C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 703 019 A (ELECTROLUX AB) 27. März 1996 (1996-03-27) das ganze Dokument	1,9
A	EP 0 374 735 A (ROCKWELL INTERNATIONAL CORP) 27. Juni 1990 (1990-06-27) Zusammenfassung	1,9
A	US 4 598 420 A (HARVEY) 1. Juli 1986 (1986-07-01) Zusammenfassung	1,9
	--- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. September 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/10/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Garella, M

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 05, 31. Mai 1996 (1996-05-31) -&amp; JP 08 001760 A (AKIRA KISHIMOTO), 9. Januar 1996 (1996-01-09) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----</p>	1,9

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP 00/03565

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0703019 A	27-03-1996	SE 503417 C	10-06-1996
		DE 69513476 D	30-12-1999
		DE 69513476 T	15-06-2000
		FI 954446 A	22-03-1996
		JP 8168831 A	02-07-1996
		SE 9403164 A	22-03-1996
		US 5592842 A	14-01-1997
EP 0374735 A	27-06-1990	US 5007265 A	16-04-1991
		DE 68918566 D	03-11-1994
		JP 2219627 A	03-09-1990
US 4598420 A	01-07-1986	KEINE	
JP 08001760 A	09-01-1996	JP 2876992 B	31-03-1999

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

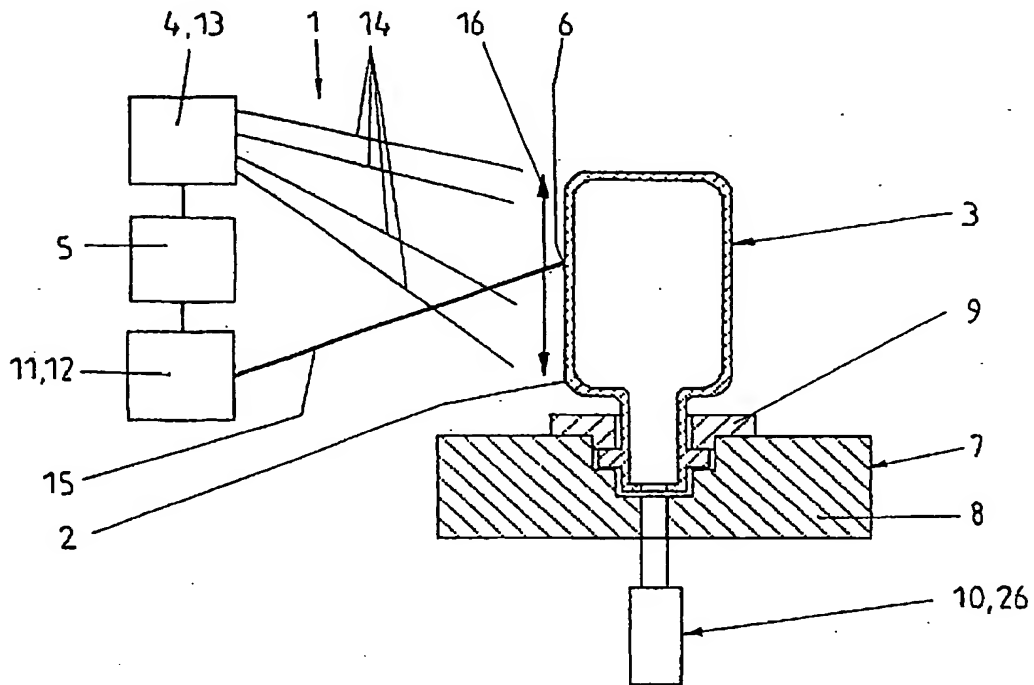


Fig. 1

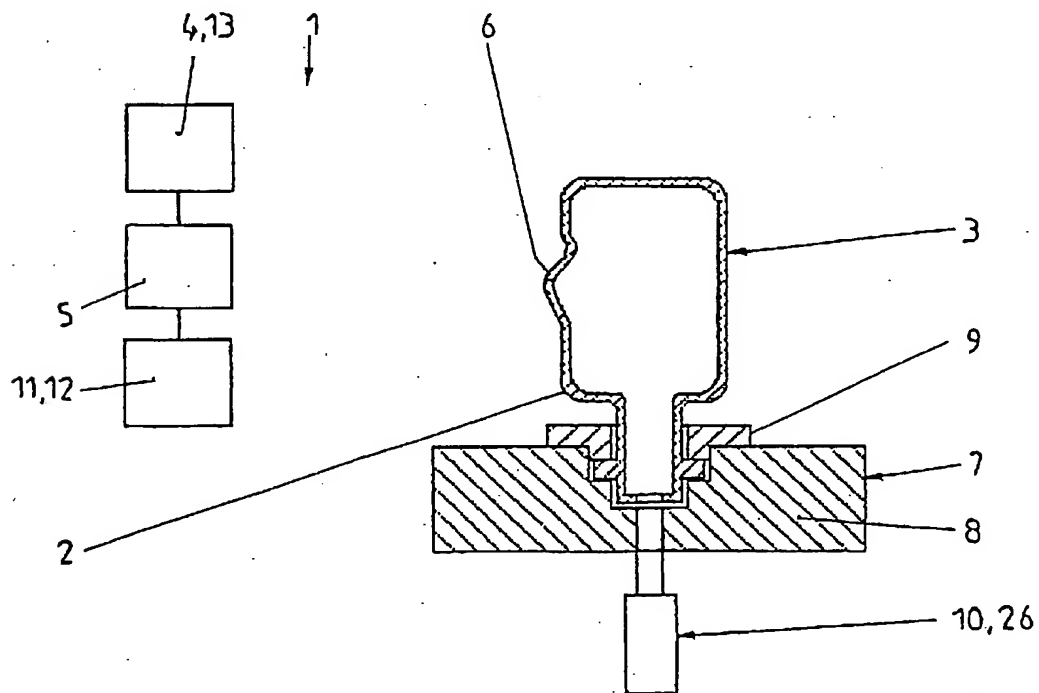


Fig. 2

WO 00/64608

PCT/EP00/03565

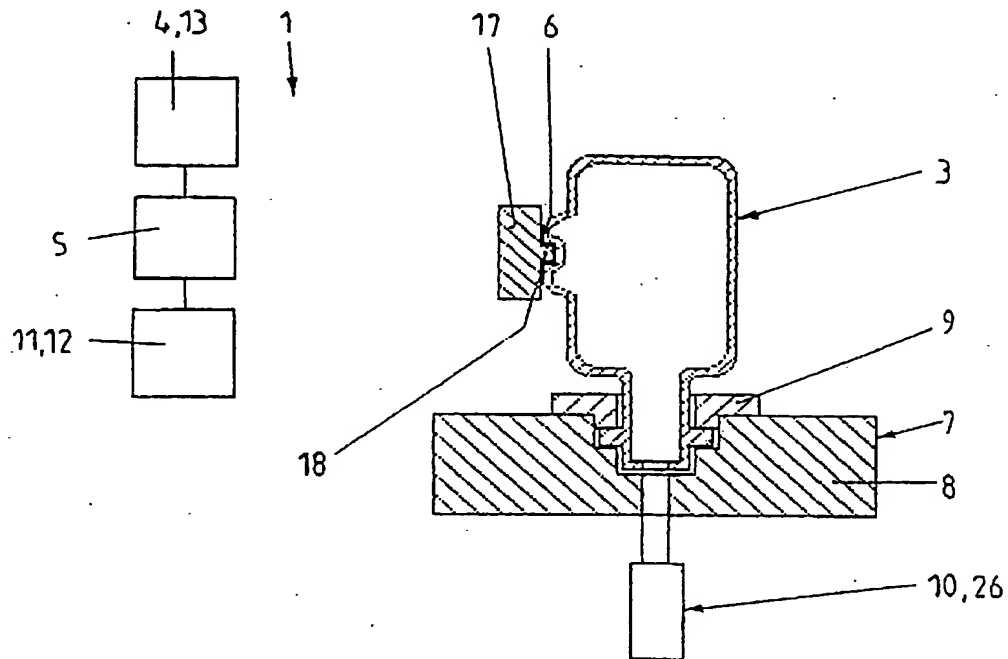


Fig. 3

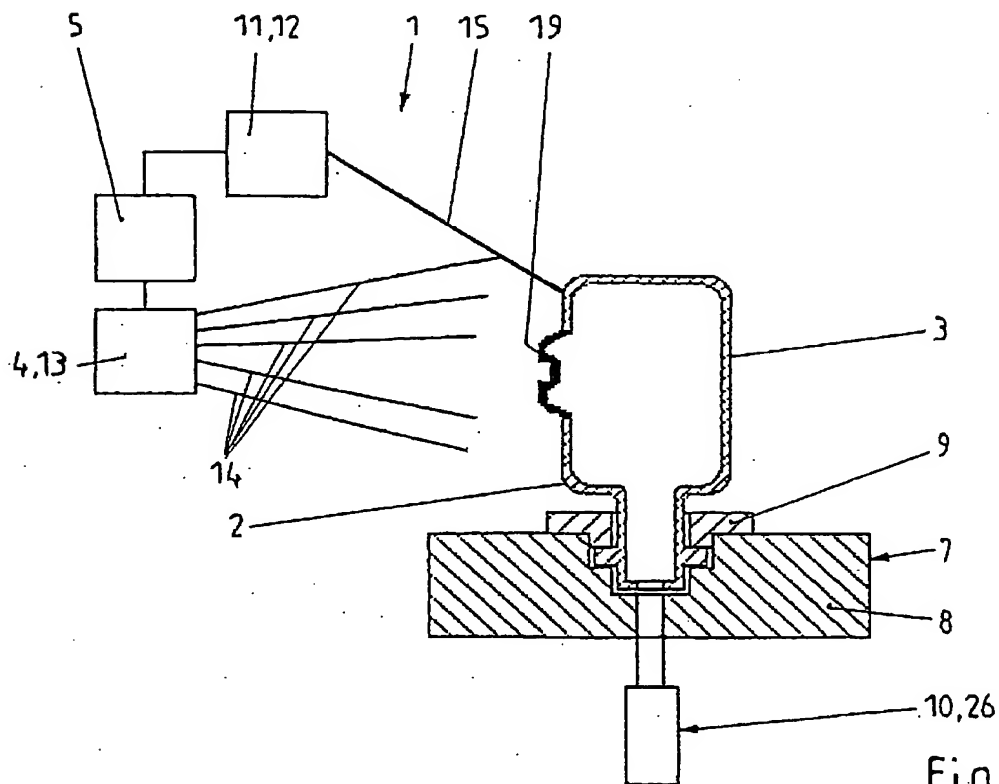
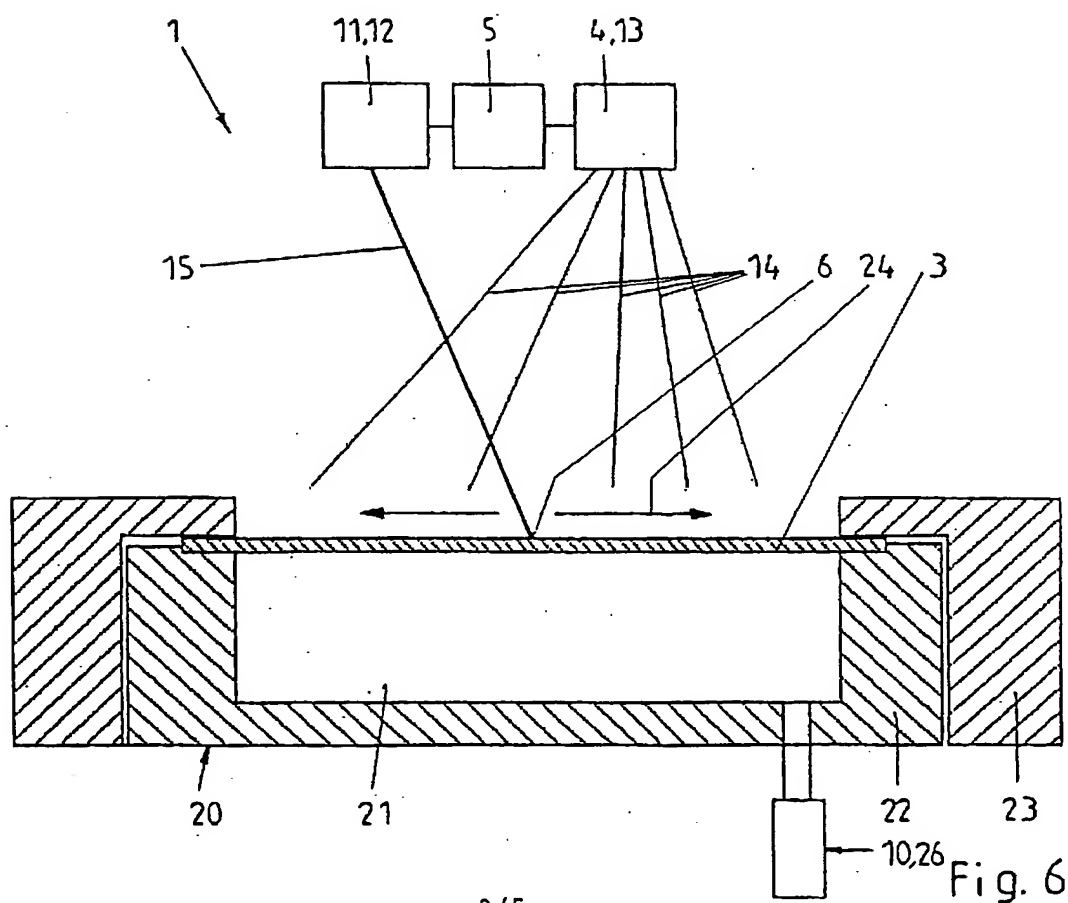
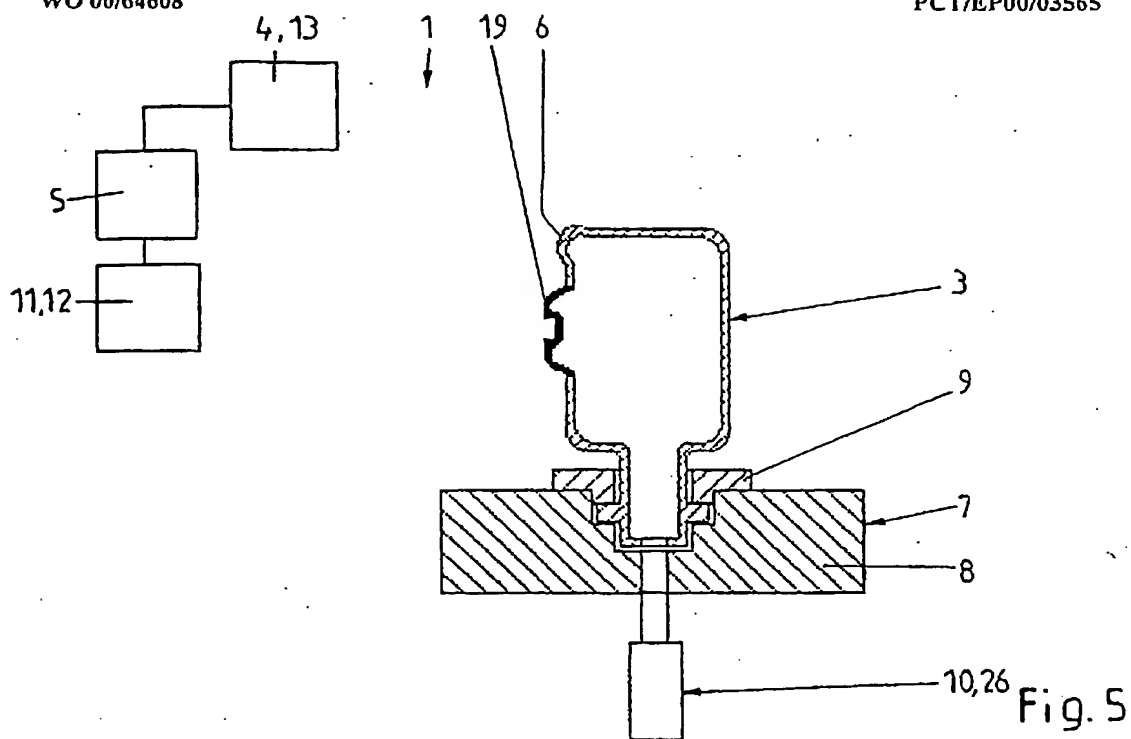


Fig. 4

WO 00/64608

PCT/EP00/03565





WO 00/64608

PCT/EP00/03565

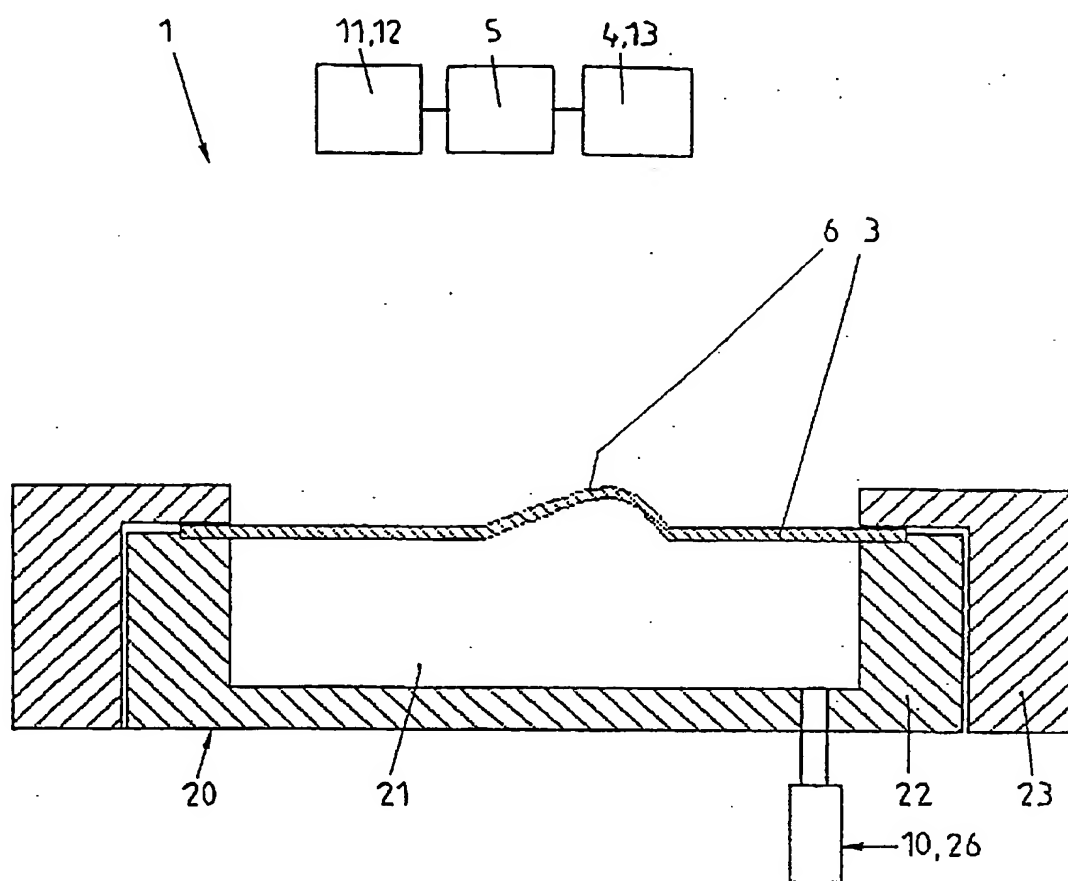


Fig. 7

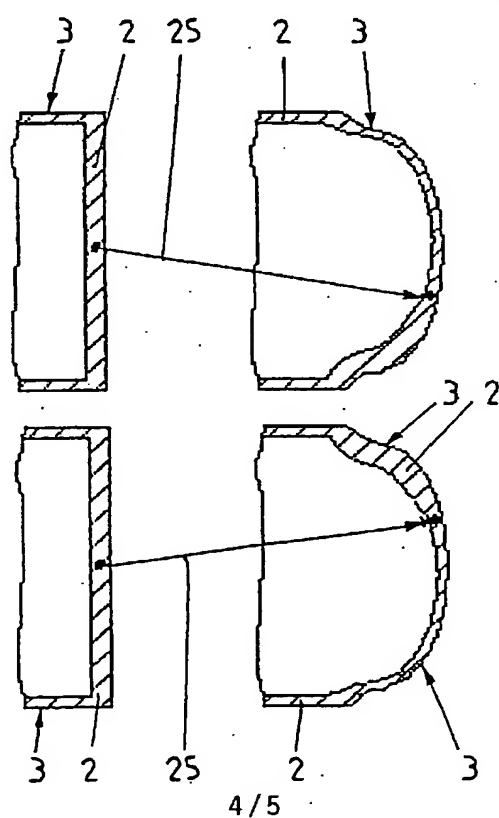


Fig. 8

**WO 00/64608**

PCT/EP00/03565

